(19) 



(10) **DE 10 2018 100 891 A1** 2019.07.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 100 891.0**
(22) Anmeldetag: **16.01.2018**
(43) Offenlegungstag: **18.07.2019**

(51) Int Cl.: ***F41H 11/00*** (2006.01)
F41H 13/00 (2006.01)
H01S 3/00 (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)
G01S 17/66 (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)

(71) Anmelder:
Rheinmetall Waffe Munition GmbH, 29345 Unterlüß, DE

(74) Vertreter:
Thul Patentanwaltsgesellschaft mbH, 40476 Düsseldorf, DE

(72) Erfinder:
Jung, Markus, 29358 Eicklingen, DE; Ludewigt, Klaus, 21033 Hamburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

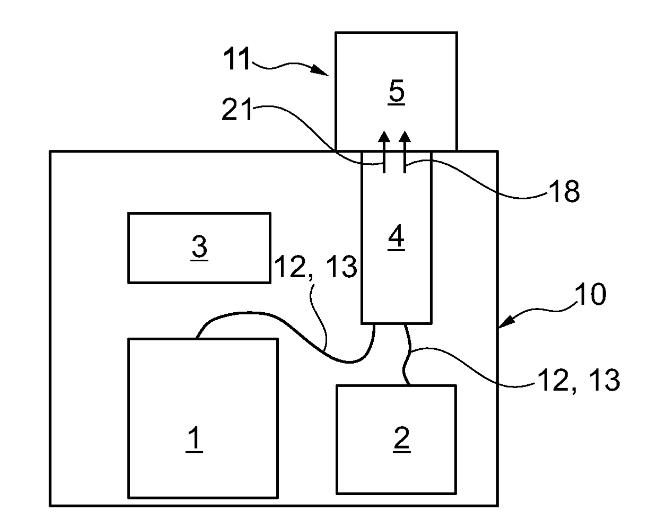
DE	**10 2012 015 074**	**B3**
DE	**32 02 432**	**A1**
DE	**10 2010 051 097**	**A1**
DE	**10 2012 022 039**	**A1**
DE	**10 2015 016 274**	**A1**
DE	**10 2017 104 662**	**A1**
US	**8 023 536**	**B1**
US	**8 218 589**	**B1**
US	**2010 / 0 282 942**	**A1**
WO	**2006/ 103 655**	**A2**
WO	**2016/ 024 265**	**A1**
WO	**2017/ 160 352**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Hochleistungslaser, insbesondere Laserwaffe**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein Hochleistungslaser (100), insbesondere eine Laserwaffe, mit wenigstens einer Wirklaserquelle (1) und wenigstens einem Strahlführungsmodul (3). Dieser Hochleistungslaser (100) zeichnet sich dadurch aus, dass das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) mechanisch ruhend ist und dass dem wenigstens einen Strahlführungsmodul (4) eine Richteinheit (5) mit zumindest einem steuerbaren beweglichen Ablenkspiegel (14, 15) nachgeordnet ist. Zumindest die wenigstens eine Wirklaserquelle (1) und das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) sind in wenigstens einem stationären/teilbeweglichen Anteil (10) des Hochleistungslasers (100) untergebracht. Die Richteinheit (5) ist außerhalb (11) des wenigstens einen stationären/teilbeweglichen Anteils (10) an diesem befestigt. Das Grobtracking wird durch die Richteinheit (5) durchgeführt, während die Fokussierung und das Feintracking von dem wenigstens einen Strahlführungsmodul (4) erfolgen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung beschäftigt sich mit einem Hochleistungslaser, insbesondere mit einer Laserwaffe bzw. einem Laserwaffensystem.

[0002] Zum Schutz von Objekten, beweglicher oder stationärer Art, werden unter anderem HEL-Effektoren eingesetzt. Ein HEL-Effektor dient zur Bekämpfung unterschiedlicher Ziele. Mehrere HEL-Effektoren können gleichzeitig auf ein Ziel oder auf mehrere Ziele ausgerichtet werden. Darunter können statische Ziele, wie Minen, IED (Improvised Explosive Devices) etc., aber auch dynamische Ziele, wie beispielsweise Raketen, Artilleriegeschosse oder RAM-Geschosse etc., fallen. Diese Ziele werden dann im Rahmen der Abwehr der Bedrohung zerstört und/ oder vernichtet. Insbesondere kleine Ziele (Low, Slow & Small = LSS Ziele) können durch ein derartiges Waffensystem einfacher zerstört oder vernichtet werden. Unter LSS-Ziele fallen auch so genannte UAV (Unmanned Air Vehicle), wie Drohnen, die häufig missbräuchlich zum Transport von Sprengstoffen genutzt werden.

[0003] Zu den Schlüsselkomponenten eines HEL-Effektors gehören eine Laserquelle und ein Strahlführungssystem. In dem Strahlführungssystem können die Unterbaugruppen Feinimagingsystem (FIS), Feintrackingsystem (FTS), Teleskop und, falls notwendig, zumindest eine adaptive Optik (AO) untergebracht sein. Bekannte Laserquellen sind Gaslaser, wie CO_2 Laser, sowie Festkörperlaser, wie Diodenlaser, Faserlaser etc.

[0004] HEL-Effektoren können, wie andere Waffensysteme, auf einer festen oder beweglichen Plattform lafettiert werden. Als Plattform werden hierbei auch Waffenstationen bezeichnet. Diese Plattformen können ihrerseits auf stationären Objekten (z.B. Häuser, Bunker, Container, etc.) oder beweglichen Objekten (z.B. Fahrzeuge zu Land, Luft und See, Container, etc.) angebracht sein.

[0005] Das Ausrichten eines HEL- (Hochenergielaser) Laserstrahls auf ein Ziel im militärischen Umfeld stellt eine große technische Herausforderung dar. Das betrifft die Übertragung von hohen Laserleistungen (hohe Laserdichte) mittels optischen Systemen, wie Spiegel, Linsen. Auch bestehen hohe Anforderungen an die Track-Genauigkeit (-10µrad) bzw. Zielverfolgung sowie die Fokussierung auf ein sich bewegendes Ziel (Target) z.B. mittels Teleskop. Ein weiteres Problem stellt die Kompensation der Störungen durch die Atmosphäre dar. Zudem stellen hohe Umweltbelastungen, wie Schock, Vibration, Temperatur und EMV für das gesamte Übertragungssystem sowie die Verfolgung der Wirkung im Ziel in Echtzeit den Fachmann vor diverse komplexe Aufgaben.

[0006] Aus der DE 10 2010 051 097 A1 ist ein Lasersystem zur Erzeugung von hohen bzw. kompakten Leistungsdichten am Objekt bekannt. Die Leistung wird auf mehrere Laser bzw. Laserwaffen aufgeteilt und diese am Ziel geometrisch überlagert, sodass in Summe am Ziel eine Gesamtleistungsdichte aller Einzelleistungsdichten erzielt wird. Die Laserwaffen werden über ein Grob- und ein Feintracking auf das Objekt ausgerichtet. Die Laserwaffen können auf einer sich bewegenden oder einer stationären Plattform angebracht sein.

[0007] Die WO 2006/103655 A2 beschreibt einen Laser bzw. eine Laserwaffe, bei welchem eine Lasererzeugungseinheit von einem auf das Ziel zu richtenden Teleskop örtlich getrennt ist. Während das Teleskop sich zusammen mit einer Zielerfassung bzw. Zielverfolgung auf einer beweglichen Plattform eines mobilen Fahrzeugs befindet, ist die Lasererzeugungseinheit fest im mobilen Fahrzeug oder einer separaten Einheit eingebunden. Die funktionale Verbindung zwischen dem Teleskop und der Lasererzeugungseinheit wird durch eine optische Faser hergestellt.

[0008] Die DE 10 2012 015 074 B3 publiziert eine Strahlrichteinheit für ein Laserwaffensystem, wobei die Strahlrichteinheit einen stationären/teilbeweglichen Anteil und einen vollbeweglichen Anteil aufweist. Am vollbeweglichen Anteil sind eine Zielerfassung bzw. Zielnachführung sowie ein Teleskop und ein Ausgangsstufenelement angebracht. Die Strahlrichteinheit umfasst zumindest eine Lasererzeugungseinheit, die zumindest eine Seed-Lasereinheit und zumindest eine Pumplasereinheit aufweist, die ihrerseits in dem stationären / teilbeweglichen Anteil untergebracht sind. Bei mehreren Pumplasereinheiten werden die einzelnen Laserleistungen in einem Strahlkoppler zusammengeführt und über eine optische Faser dem Ausgangsstufenelement zugeführt. Dadurch wird erreicht, dass nur das Teleskop und das wenigstens eine Ausgangsstufenelement bewegt werden müssen.

[0009] Die DE 10 2015 016 274 A1 offenbart ein optisches System, umfassend zumindest einen Signaleingang zum Aufnehmen eines Signalstrahls und einen Signalausgang zum Ausgeben des Signalstrahls. Zudem wird ein Verfahren zum Justieren eines optischen Strahls beschrieben.

[0010] Der DE 10 2012 022 039 A1 ist eine modulare Laserbestrahlungseinheit zum Bestrahlen eines Zielobjektes mit Hochleistungslaserstrahlung entnehmbar. Diese Einheit weist mehrere starr miteinander verbundene Laserstrahlmodule auf. Jedes der Laserstrahlmodule umfasst eine Optik, die dazu ausgeführt ist, Laserstrahlung auf einen Zielpunkt des Zielobjektes auszurichten. Von diesen Laserstrahlmodulen getrennt ist zumindest eine Laserquelle, die die La-

serstrahlung erzeugt. Die Laserstrahlmodule werden über eine Richteinheit auf ein Zielobjekt ausgerichtet.

[0011] In der Praxis werden solche Spiegelteleskopsysteme oder Linsenteleskopsysteme in ihrer Gesamtheit mit einer Richt- oder einer Drehplattform bewegt. Nachteilig hierbei ist, dass diese Systeme den aus der Bewegung der Plattform entstehenden Kräften ausgesetzt werden. Hierdurch kann es zu Ungenauigkeiten kommen. Auch bedürfen diese Systeme eines eigenen Schutzes gegen Umweltbedingungen.

[0012] Die Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, diese vorgenannten Nachteile zu vermeiden.

[0013] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungen werden in den Unteransprüchen aufgezeigt.

[0014] Der Erfindung liegt die Logik zugrunde, dass nur eine Trennung derartiger Systeme von einer Richt- oder Drehplattform sicherstellt, dass keine aus der Bewegung resultierenden Kräfte auf diese Systeme einwirken können.

[0015] Zur Umsetzung dieser Idee wird ein Strahlführungsmodul geschaffen, das mechanisch ruhend aufgestellt werden kann. Ein Laserstrahl einer Laserquelle eines Wirklasers wird aus dem nunmehr mechanisch ruhenden, starr aufgestellten Strahlführungsmodul auf ein Richtsystem bzw. eine Richteinheit übertragen. Die Richteinheit dient ihrerseits zur Strahlablenkung und Strahlführung des Laserstrahls auf ein Ziel. Die Richteinheit ist ihrerseits ebenfalls fest installiert. Auf sich bewegende Plattformen oder dergleichen kann verzichtet werden und wird bevorzugt auch verzichtet. Weder das Strahlführungsmodul noch eine Laserquelle des Wirklasers müssen zur Strahlablenkung bewegt werden. Auslegungen für Bewegungen, Schock und Vibrationen etc. sind nicht mehr notwendig.

[0016] Der Hochleistungslaser wird nur noch von einem stationären bzw. teilbeweglichen Anteil gebildet. Unter teilbeweglich wird hierbei u.a. die Transportmöglichkeit und das Umsetzen des Hochleistungslasers verstanden. Auf einen vollbeweglichen Anteil kann nunmehr verzichtet werden.

[0017] Mit dem neu definierten Strahlführungsmodul besteht die Möglichkeit, dieses in einem geschützten zw. geschlossenen Raum, wie beispielsweise einem Container, d.h. im stationären/teilbeweglichen Anteil des Hochleistungslasers, unterzubringen. Die Übertragung des Laserstrahls vom Strahlenführungsmodul auf die Richteinheit kann durch ein Sichtfenster oder eine Öffnung im Raum erfolgen. In diesem Raum kann dann auch eine Laserquelle des Wirklasers untergebracht werden.

[0018] Für eine platzsparende Variante ist auch die Anordnung einer Laserquelle für einen Beleuchtungslaser im stationären/teilbeweglichen Anteil des Hochleistungslasers möglich. Diese Laserquelle kann dann mit dem Strahlführungsmodul funktional zusammen wirken. Es bedarf keines eigenen Teleskopes etc. Aber auch eine separate Anordnung des Beleuchtungslasers ist möglich, beispielsweise an der Richteinheit.

[0019] Die Richteinheit besteht bevorzugt aus zwei zueinander unter 45° angeordneten Ablenkspiegeln, die jeweils um eine Achse orthogonal zueinander rotieren können. Die Anordnung ist derart, dass der zweite Ablenkspiegel immer mit dem ersten Ablenkspiegel mit gedreht wird. Alternativ kann die Richteinheit auch nur einen Ablenkspiegel aufweisen, der in bzw. um zwei Achsen bewegbar ist. Der / die Ablenkspiegel sind um eine Azimut- und um eine Elevationsachse bewegbar. Jeder Ablenkspiegel kann um diese Rotationsachsen mittels eines zugeordneten elektrischen Motors gedreht werden. Diese Motoren sollten eine hohe Genauigkeit bei einer hohen Geschwindigkeit besitzen. Mit der mechanischen Richteinheit ist der volle Winkelbereich (0-360°) in Azimut und ca. 200° in Elevation verfügbar.

[0020] Das Richtsystem zeigt sich für die grobe Ausrichtung des Laserstrahls auf das Ziel (=Grobtracking) verantwortlich. Da die Richteinheit als ein einfaches optisches Ablenksystem mit beispielsweise nur zwei Planspiegeln aufgebaut sein kann, kann eine Justage auf eine optische Achse entfallen, eine grobe Strahleinführung ist ausreichend.

[0021] Zur Ausrichtung der Richteinheit auf das Ziel können sowohl Daten externer Sensoren, wie Radar, EO-Sensoren (Electro-Optical) etc. genutzt werden. Auch die vom Strahlführungsmodul erzeugten Zieldaten, beispielsweise die eines Kamerabildes einer Kamera des Strahlführungsmoduls, können hierbei verwendet werden.

[0022] Die Ausrichtung der Azimut- und Elevationsbewegung zum Grobtracking des Ziels kann mehrstufig erfolgen. In einer ersten Stufe werden die Zieldaten von externen Sensoren erzeugt. Anhand der Differenz zwischen eine SOLL (Objekt mittig auf den Ablenkspiegeln) und einem IST erfolgt dann das Feintracking. Dem Grobtracking können in einer zweiten Stufe basierend auf den Informationen einer optischen Komponente, z.B. eines Tip/Tilt-Spiegels, Ansteuerungen überlagert sein. Dadurch können u.a. auch Winkelfehler der Azimut- und Elevationsausrichtung, die durch kleine mechanische Ungenauigkeiten der Spiegelachsen oder durch die Bewegung verursachte werden, von der optischen Komponente ausgeglichen werden.

[0023] Die Fokussierung und ein Feintracking werden weiterhin im Strahlführungssystem durchgeführt.

[0024] Zum Feintracking wird das Objekt (Ziel) beispielsweise von einem Beleuchtungslaser angestrahlt. Vom Ziel wird ein Teil der Strahlung des Beleuchtungslasers reflektiert. Die reflektierte Strahlung wandert durch das Richtsystem zu einem Teleskop, über die optische Komponente (z.B. Tip/Tilt-Spiegel) des Strahlführungsmoduls (SFM) weiter zum optischen Sensor des Beleuchtungslasers. Im optischen Sensor des Beleuchtungslasers wird die Position der reflektierten Strahlung ermittelt. Über eine Auswertesoftware und eine Ansteuereinheit wird die optische Komponente (Tip/Tilt-Spiegel) so korrigiert, dass das Ziel zumindest in der Nähe der Mitte des Bildes wenigstens einer Kamera des Strahlführungsmoduls gehalten wird.

[0025] Die Tatsache, dass das Strahlenführungsmodul geschützt in einem sogar temperierbaren Raum untergebracht werden kann, minimiert die bisher geforderten hohen Anforderungen bezüglich des Schutzes vor der Umwelt. So lassen sich die Umweltanforderungen an eine Laserquelle und an ein Strahlenführungsmodul deutlich reduzieren. Für die Funktion der Laserwaffe können bereits vorhandene oder einfache Sensoren genutzt werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Strahlzuführung mit kurzen Fasern oder kurzen Freistrahlstrecken erfolgen kann, insbesondere dann, wenn die Laserquelle und das Strahlführungsmodul in einem gemeinsamen Raum untergebracht sind.

[0026] Auch notwendige Kameras etc. können im stationären/teilbeweglichen Anteil des Hochleistungslasers untergebracht werden, sodass auch diese Baugruppen nicht mit bewegt werden müssen.

[0027] Der „Plug and Play“ Aufbau ermöglicht eine kurze Inbetriebnahmezeit der Laserwaffe.

[0028] Es können auch mehrere Laserquellen (Wirklaser) und / oder mehrere Strahlführungsmodule verwendet werden. Dabei sind die Strahlführungsmodule derart auf die Richteinheit ausgerichtet, dass deren Laserstrahlen zur Leistungsskalierung eingekoppelt werden können.

[0029] In Anlehnung an die DE 10 2017 104 662.3 besteht zudem die Möglichkeit, eine Laserquelle von mehreren Strahlführungsmodulen nutzen zu lassen etc. Auch kann die Laserquelle gemäß der DE 10 2017 104 662.3 in einzelne Komponenten aufgeteilt und an unterschiedlichen Orten im Raum untergebracht sein. Der Gedanke aus der DE 10 2017 104 662.3 kann im Rahmen der erfinderischen Idee vollumfänglich greifen.

[0030] Der stationäre/teilstationäre Anteil des Hochleistungslasers kann beispielsweise durch einen Container gebildet sein. Räumlichkeiten unter Deck eines Schiffs oder ein Innenraum eines Fahrzeugs bzw. eines Objekts etc. sind davon jedoch nicht ausgeschlossen. Hier sollte dann eine örtliche Auftrennung der Laserquelle Wirklaser und des Strahlführungsmoduls erfolgen, sodass das Strahlführungsmodul mit der Richteinheit örtlich so positioniert werden kann, dass die Funktionsfähigkeit des Hochleistungslasers gewährleistet werden kann.

[0031] Anhand eines Ausführungsbeispiels mit Zeichnung soll die Erfindung näher erläutert werden.

[0032] Es zeigt:

Fig. 1 blockbildartig einen groben Aufbau eines Hochlasers bzw. einer Laserwaffe,

Fig. 2 eine Darstellung der Richteinheit aus **Fig. 1**,

Fig,3 eine Teildarstellung der Laserwaffe mit einer erfindungsgemäßen Richteinheit,

Fig. 4a,, b ein erstes Ausführungsbeispiel von möglichen Aufbauvarianten,

Fig. 5 a, b ein zweites Ausführungsbeispiel von möglichen Aufbauvarianten,

Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel von möglichen Aufbauvarianten.

[0033] **Fig. 1** zeigt in einer skizzenhaften Blockbilddarstellung wenigstens eine mit 1 gekennzeichnete Wirklaserquelle sowie wenigstens ein Strahlführungsmodul **4** und zumindest eine Steuerung **3**. Diese Baugruppen sind Bestandteil beispielsweise eines Hochleistungslasers **100**, hier einer Laserwaffe (bzw. eines Laserwaffensystems).

[0034] Die Wirklaserquelle **1**, das Strahlführungsmodul **4** sowie die Steuerung **3** können gemeinsam in einem stationären bzw. teilbeweglichen Anteil **10** des Hochleistungslasers (**100**) untergebracht sein. Der stationäre/teilbewegliche Anteil **10** kann durch einen Raum gebildet werden, beispielsweise durch einen Container etc.

[0035] Außerhalb **11** des Containers **10** ist eine Richteinheit **5** (hier ein Strahlablenksystem), ein sogenannter Scanner, angeordnet.

[0036] In einer bevorzugten Ausführung ist eine mit 2 gekennzeichnete Beleuchtungslaserquelle gleichfalls in diesem Container **10** untergebracht. Dieses hat den Charme, dass eine Laserstrahl **21** der Beleuchtungslaserquelle **2** in das Strahlführungsmodul **4** eingekoppelt werden kann, so dass der Beleuchtungslaser auf ein derartiges Strahlführungsmodul verzichten kann. Das Einkoppeln kann beispielswei-

se über einen dichroitischen Spiegel realisiert werden (nicht näher dargestellt). Der Beleuchtungslaser kann des Weiteren ein Teleskop **4.1** des Strahlführungsmoduls **4** nutzen.

[0037] Alternativ kann der Beleuchtungslaser **2** auch an der Richteinheit **5** montiert werden. Hierbei kann der Beleuchtungslaserstrahl **21** in Richtung des Laserstrahls **18** der Wirklaserquelle **1** ausgerichtet sein, d.h. in diese Richtung zeigen.

[0038] Die wenigstens eine Wirklaserquelle **1** sowie die wenigstens eine Beleuchtungslaserquelle **2** sind mit dem wenigstens einen Strahlführungsmodul **4** funktional verbunden, beispielsweise über wenigstens eine optische Faser **12** (Transortfaser) und / oder zumindest einen Freistrahl **13**.

[0039] Die elektrische Steuerung **3** kann je nach Vorgabe und / oder in Reaktion einer Auswertung zur Funktion der Laserwaffe **100** zumindest auf das Strahlenführungsmodul **4** sowie die Richteinheit **5** einwirken (nicht weiter ausgeführt).

[0040] In **Fig. 2** ist die Richteinheit **5** in einer leicht vergrößerten Darstellung abgebildet. Die Richteinheit **5** umfasst zwei Ablenkspiegel **14**, **15** auf Rotationsachsen **16**, **17** (Azimut, Elevation). Die beiden Drehachsen **16**, **17** sind so eingerichtet, dass der volle Ablenkwinkelbereich (**0**-360°) in Azimut eingestellt werden kann, bei beliebig vielen Drehungen. Mit den Rotationsachsen **16**, **17** verbunden ist jeweils ein kleiner elektrischer Motor (nicht näher dargestellt), mittels denen die Ablenkspiegel **14**, **15** gedreht. Das Drehen erfolgt derart, dass der Ablenkspiegel **15** mit dem Ablenkspiegel **14** mit gedreht wird, sodass ein Laserstrahl **18** zentriert (mittig) auf dem Ablenkspiegel **15** bleibt. Mit **5'** ist ein Gehäuse der Richteinheit **5** gekennzeichnet.

[0041] Die Richteinheit **5** weist einen Signalausgang **19** und einen Signaleingang **20** auf. Der Signalausgang **19** ist durch ein Abschlussfenster. Der Signaleingang **20** kann ebenfalls durch ein Abschlussfenster. Dieses ist zu bevorzugen. Der Signalausgang **19** der Richteinheit **5** weist hierbei in Richtung eines Ziels **30** (**Fig. 3**), der Signaleingang **20** hingegen in Richtung der Wirklaserquelle **1** bzw. des Strahlführungsmoduls **4**.

[0042] Die Ablenkspiegel **14**, **15** werden bevorzugt so in die Richteinheit **5** eingebaut, dass unter der Gewichtsbelastung oder Bewegung (Eigenbewegung) keine Verformung der Spiegel **14**, **15** auftritt. Dieses kann z.B. durch eine isostatische Spiegelmontierung (Bipods) erreicht werden.

[0043] Die Ablenkspiegel **14**, **15** sollten hochreflektierend für die Wellenlänge des Laserstrahls **18** der Wirklaserquelle **1** und der Wellenlänge des Laserstrahls **21** der Beleuchtungslaserquelle **2** und den Beobachtungswellenlängen sein. Diese Anforderung ist durch eine optische Politur oder eine Spiegelbeschichtung erreichbar. Die Ablenkspiegel **14**, **15** können z.B. auch einfache Planspiegel sein.

[0044] **Fig. 3** zeigt die funktionswesentlichen Baugruppen im stationären/teilbeweglichen Anteil **10** im Zusammenspiel mit der Richteinheit **5**. Das sind eine Ansteuereinheit **3.1** und eine Auswertesoftware **3.2** der Steuerung **3**, ein optischer Sensor **2.1** des Beleuchtungslasersystems sowie eine optische Komponente **4.1** und das Teleskop **4.2** des Strahlenführungsmoduls **4**. Die optische Komponente **4.1** des Strahlführungsmoduls **4** ermöglicht eine genaue Strahlablenkung zur genauen Positionierung des Laserstrahls **18** auf das Ziel **30**. Die optische Komponente **4.1** kann ein Tip/Tilt-Spiegel sein, ein in zwei Achsen steuerbarer beweglicher Spiegel (Feintracking).

[0045] In dieser Ausführung ist der Beleuchtungslaser selbst nicht im Container **10** untergebracht. Mit **2.2** ist daher ein Teleskop des Beleuchtungslasersystems bezeichnet, das in dieser Darstellung zusammen mit der Laserquelle **2** nicht im stationären/teilbeweglichen Anteil (Container) **10** untergebracht ist. In der Funktionsweise ergibt sich jedoch kein Unterschied.

[0046] Das Strahlenführungsmodul **4** umfasst des Weiteren wenigstens eine Kamera (nicht näher dargestellt). Die Beobachtungsrichtung der wenigstens einen Kamera ist dabei gleich der Laserstrahlrichtung. Die Kamera bzw. die Kameras sollten in unterschiedlichen spektralen Bereichen (Beobachtungswellenlängen) arbeiten können.

[0047] Die wenigstens eine Kamera dient zumindest zur Beobachtung des Ziels **30** bzw. des Raums um das Ziel **30** herum. Mit der wenigstens einen Kamera kann zudem die Bestimmung der Position des Ziels **30** erfolgen. Deren Bildauswertung kann ein Regelsignal für die Strahlablenkung liefern.

[0048] Weiterhin können Elemente zur Kompensation atmosphärischer Störungen innerhalb des Strahlführungsmoduls **4** vorgesehen werden (Optional). Dabei handelt es sich um Detektoren zur Messung atmosphärischer Störungen, wie z.B. Shack-Hartmann Sensoren (Wellenfrontsensor), sowie steuerbare optische Elemente zur Regelung der Phasenfront des Laserstrahls, wie z.B. deformierbare Spiegel.

[0049] Die **Fig. 4** bis **Fig. 6** zeigen verschiedene Ausführungsformen und Aufbau- bzw. Aufstellvarianten einer Laserwaffe.

[0050] Die **Fig. 4a** zeigt die Wirklaserquelle **1**, deren Strahl **18** mit einer Transportfaser **12** zum Strahlfüh-

rungsmodul **4** geführt wird. In **Fig. 4b** wird der Laserstrahl **18** direkt zum Strahlführungsmodul **4** geführt, hierbei über einen Freistrahl **13**. Gemäß **Fig. 5a** bzw. **Fig. 5b** werden die Laserstrahlen mehrerer Wirklaserquellen **1** beispielsweise in einem Beam Combiner (Kombinationseinheit) **22** zu einem Laserstrahl **18** vereinigt. Dieser wird dann zum Strahlenführungsmodul **4** geführt. Der Transport kann mittels Transportfasern **12** oder direkt mittels Freistrahlen **13** erfolgen, wobei auch hier Kombinationen möglich sind. Eine weitere Alternative gibt **Fig. 6** an. Hier werden die Laserstrahlen mehrerer Wirklaserquellen **1** jeweils zu einem eigenen Strahlführungsmodul **4** geführt. Die nebeneinander liegenden Ausgangsstrahlen aus den Strahlführungsmodulen **4** werden parallel laufend in die Richteinheit **5** eingekoppelt. Der Transport von den Wirklaserquellen **1** zu den Strahlführungsmodulen **4** kann auch hierbei durch Transportfasern **12** und / oder direkt mittels Freistahlen **13** durchgeführt werden.

[0051] Die Funktionsweise ist wie folgt:

[0052] Der Laserstrahl **18** der Wirklaserquelle **1** wird aus dem gleichfalls mechanisch ruhenden Strahlführungsmodul **4** innerhalb des geschlossenen Containers **10**, beispielsweise eines geschlossenen Containments, durch eine Öffnung **10.1** auf die Richteinheit **5** übertragen. Dabei übernimmt die Richteinheit **5** die grobe Ausrichtung des Laserstrahls **18** auf das Ziel **30**.

[0053] Zur Ausrichtung der Richteinheit **5** auf das Ziel **30** können Daten externer Sensoren, beispielsweise eines Radars (nicht näher dargestellt) herangezogen werden. Auch Daten der Kamera(s) des Strahlführungsmoduls, beispielsweise das Kamerabild, können genutzt werden, insbesondere die dabei erzeugten Zieldaten.

[0054] Die Ausrichtung der Bewegung der Ablenkspiegel **14**, **15** um eine Azimut- und um eine Elevationsachse zum Grobtracking auf das Ziel **30** kann mehrstufig durchgeführt werden. In der ersten Stufe werden die Zieldaten der externen Sensoren erzeugt. Dem Grobtracking können in einer zweiten Stufe, basierend auf den Informationen des Tip/Tilt-Spiegels **4.1**, weitere Ansteuerungen überlagert sein. Dadurch können Winkelfehler der Azimut- und Elevationsausrichtung, die durch kleine mechanische Ungenauigkeiten der Spiegelachsen oder durch die Bewegung verursacht werden, vom Tip/Tilt-Spiegel **4.1** ausgeglichen werden.

[0055] Fokussierung und Feintracking werden im Strahlführungsmodul **4** durchgeführt (**Fig. 3**). In **Fig. 3** ist das Funktionsprinzip vereinfacht dargestellt. Wie bereits ausgeführt, kann sich das Beleuchtungslasersystem an der Richteinheit **5** oder innerhalb des Raumes **10** befinden. Jedoch ist diese Angabe nicht als einschränkend zu sehen. Weitere Alternativen sind ebenfalls mögliche.

[0056] Das Ziel **30** wird vom Beleuchtungslaser (Beleuchtungslaserquelle + Teleskop **2.2**) durch den Laserstrahl **21** angestrahlt. Vom Ziel **30** wird ein Teil der Strahlung **21'** reflektiert. Die reflektierte Strahlung **21'** wandert durch die Richteinheit **5** zum Teleskop **4.2** des Strahlführungsmoduls **4** über den Tip/Tilt-Spiegel **4.1** zum optischen Sensor **2.1** des Beleuchtungslasers **2**. Am optischen Sensor wird die Position der reflektierten Strahlung ermittelt. Über die Auswertesoftware **3.1** und die Ansteuereinheit **3.2** wird der Tip/Tilt-Spiegel **4.1** so korrigiert, dass das Ziel **30** zumindest in der Nähe der Mitte eines Bildes der wenigstens einen Kamera gehalten wird (nicht näher dargestellt). Der anschließend ausgesendete Laserstrahl **18** trifft aus der Richteinheit **5** geführt auf das Ziel **30** auf.

[0057] Es versteht sich, dass im Rahmen des erfinderischen Gedankens weitere Alternativen möglich sind. So kann die Richteinheit **5** auch nur einen Ablenkspiegel aufweisen (nicht näher dargestellt). Dieser sollte dann in zwei Achsen beweglich sein. Damit verbundene mögliche Einschränkungen ergeben sich hierbei möglicherweise durch reduzierte Ablenkwinkelbereiche. Wenn diese Einschränkung in Kauf genommen werden kann, bringt dieses einen einfachen Aufbau bzw. eine einfachere Konstruktion der Richteinheit mit sich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010051097 A1 [0006]
- WO 2006/103655 A2 [0007]
- DE 102012015074 B3 [0008]
- DE 102015016274 A1 [0009]
- DE 102012022039 A1 [0010]
- DE 102017104662 [0029]

Patentansprüche

1. Hochleistungslaser (100), insbesondere Laserwaffe, mit wenigstens einer Wirklaserquelle (1) und wenigstens einem Strahlführungsmodul (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) mechanisch ruhend ist und dass dem wenigstens einen Strahlführungsmodul (4) eine Richteinheit (5) zur Strahlumlenkung nachgeordnet ist.

2. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Richteinheit (5) zumindest einen steuerbaren beweglichen Ablenkspiegel (14, 15) umfasst.

3. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die wenigstens eine Wirklaserquelle (1) und das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) in wenigstens einem stationären/teilbeweglicher Anteil (10) des Hochleistungslasers (100) untergebracht sind, und dass die Richteinheit (5) außerhalb (11) des wenigstens einen stationären bzw. teilbeweglicher Anteils (10) an diesem befestigt ist.

4. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 3, **gekennzeichnet durch** zumindest eine Steuerung (3), die im stationären/teilbeweglichen Anteil 10) untergebracht sein kann.

5. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich in dem wenigstens einen Strahlführungsmodul (4) eine optische Komponente (4.1) befindet.

6. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Komponente (4,1) ein Tip/Tilt-Spiegel sein kann.

7. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Richteinheit (5) Abschlussfenster (19, 20) für das Durchführen eines Laserstrahls (18, 18') der wenigstens einen Wirklaserquelle (2) auf ein Ziel (30) umfasst.

8. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) auf eines der Abschlussfenster (19) optisch ausgerichtet ist.

9. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) zumindest eine Kamera umfasst.

10. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Kamera in unterschiedlichen spektralen Bereichen arbeitet.

11. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Strahlführungsmodul (4) Elemente zur Detektion und zur Kompensation atmosphärischer Störungen aufweist.

12. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Detektion zumindest ein Shack-Hermann Sensor und zur Kompensation durch Regelung der Phasenfront des Laserstrahls (18, 18') ein deformierbarer Spiegel dienen.

13. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Beleuchtungslaserquelle (2) im stationären/teilbeweglichen Anteil (10) untergebracht ist.

14. Hochleistungslaer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Beleuchtungslaser außerhalb des stationären/teilbeweglichen Anteils (10) angeordnet ist.

15. Hochleistungslaser (100) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Beleuchtungslaser an der Richteinheit (5) montiert ist.

16. Hochleistungslaser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Wirklaserquellen (2) über eine Kombinationseinheit (22) miteinander gekoppelt werden, beispielsweise durch eine spektrale Kopplung oder eine Phasenkopplung.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

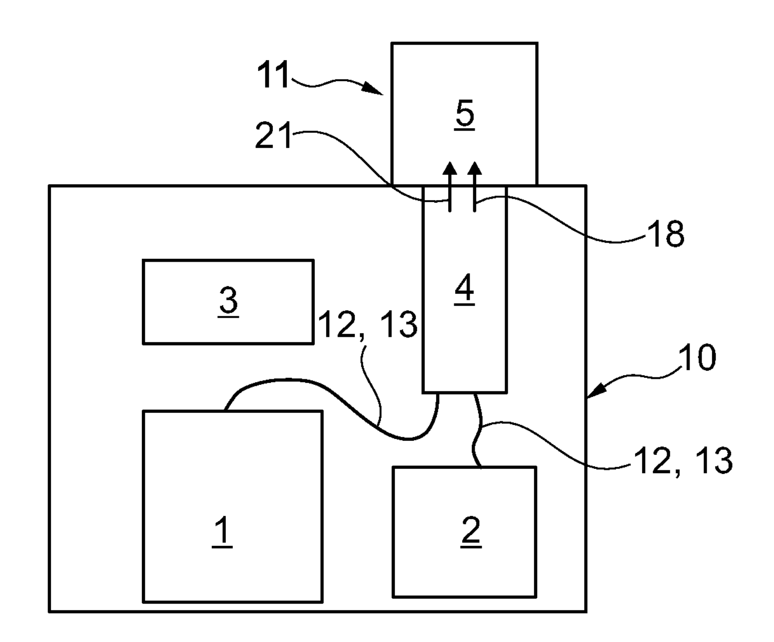


Fig. 1

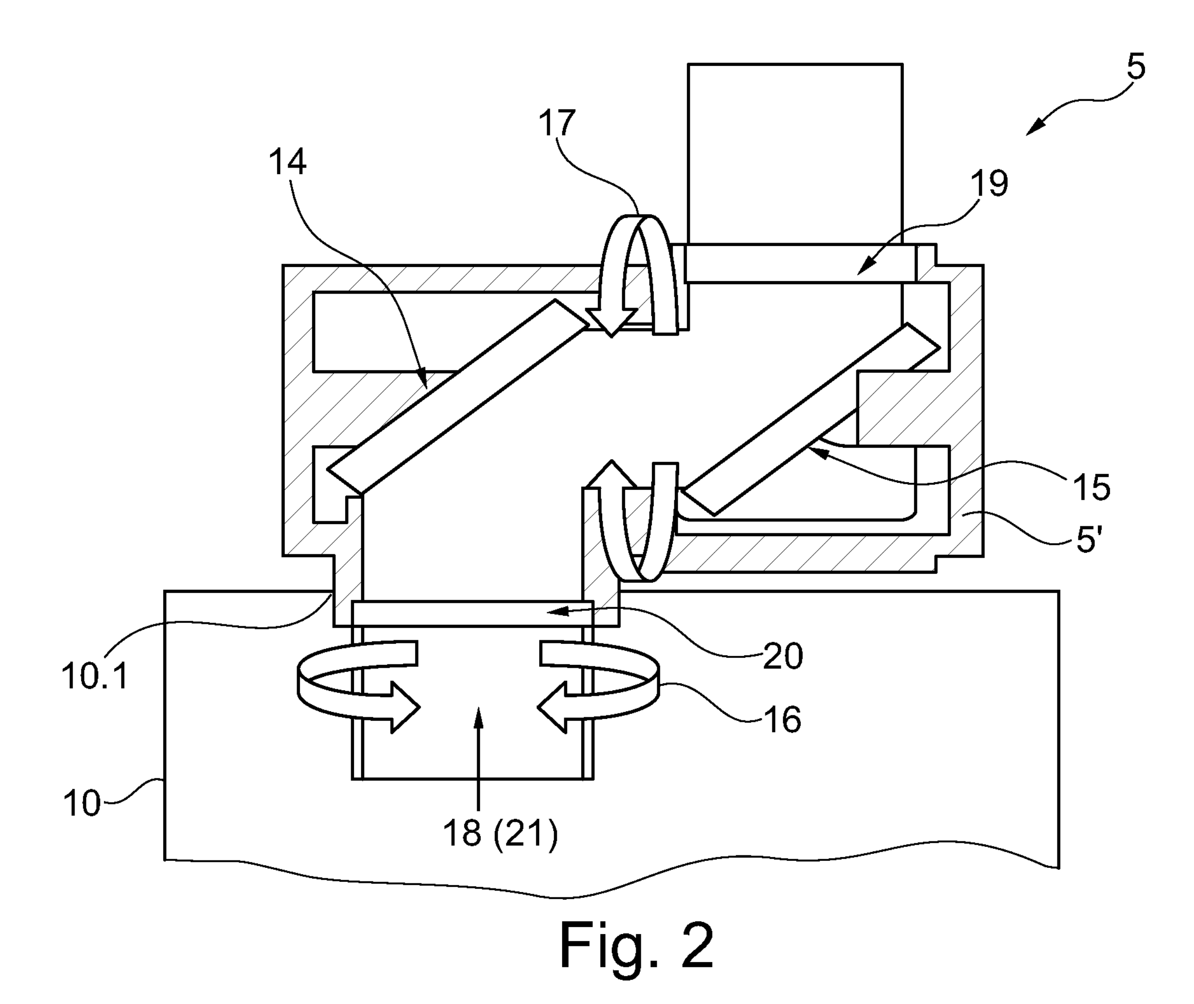


Fig. 2

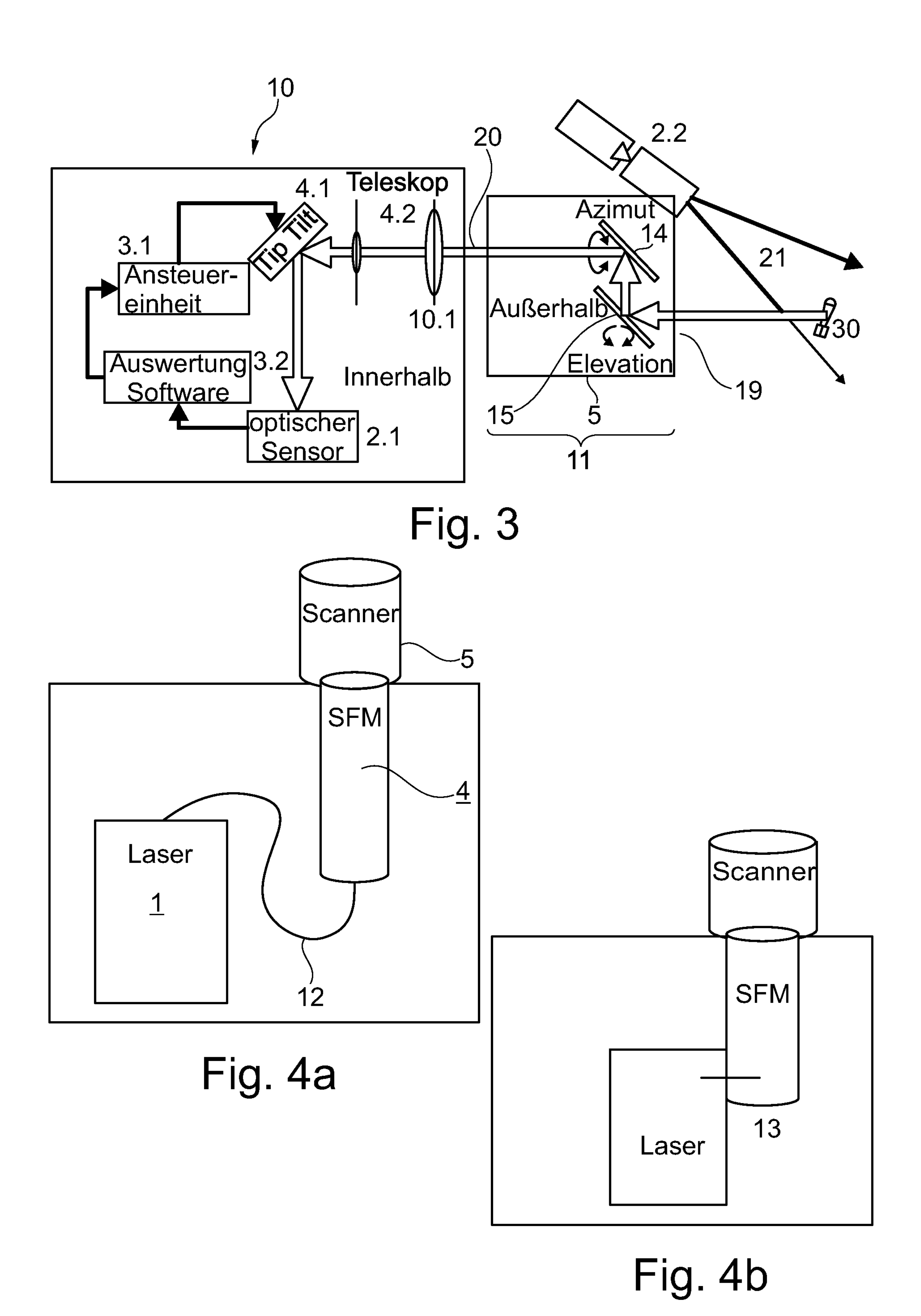


Fig. 3

Fig. 4a

Fig. 4b

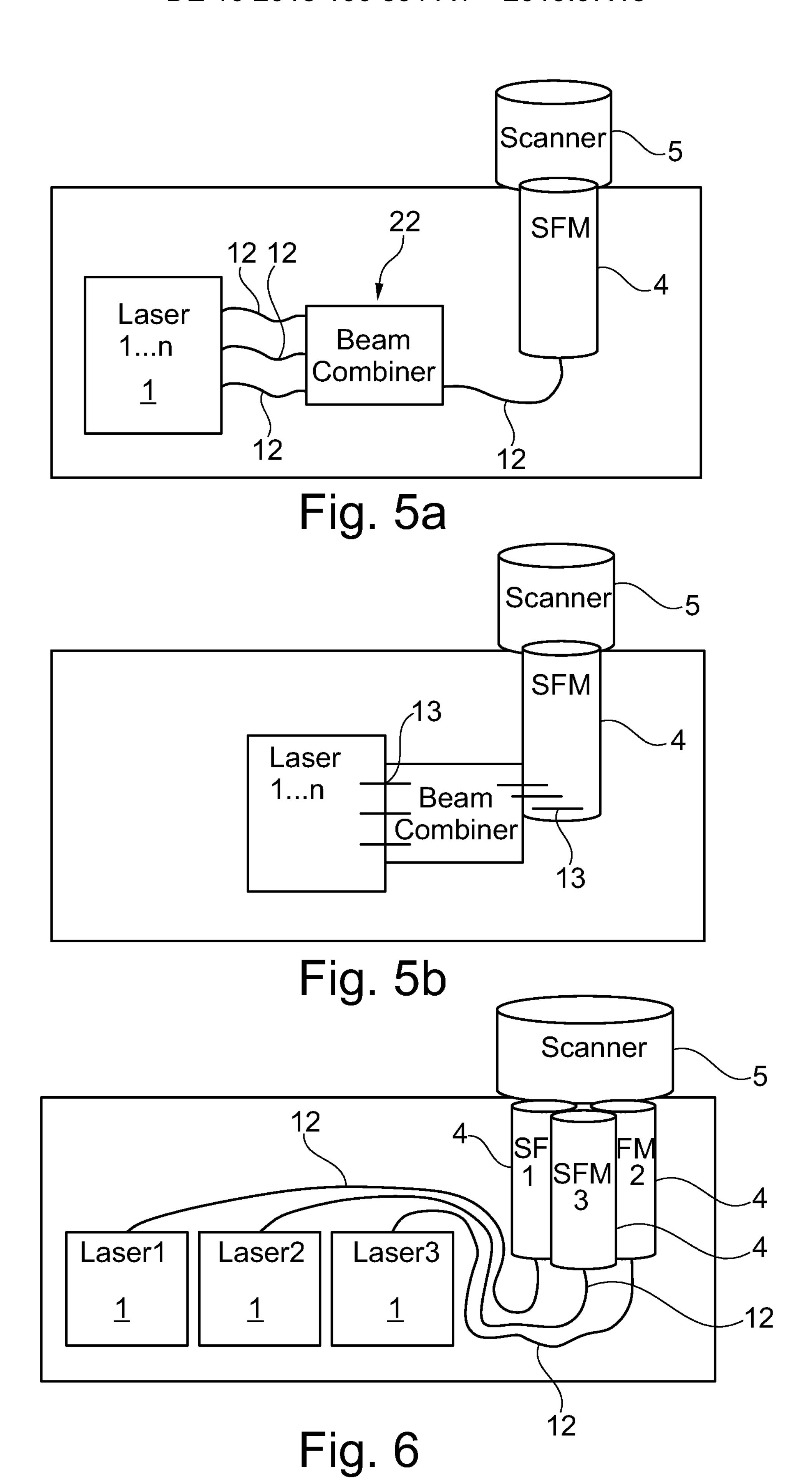


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 6